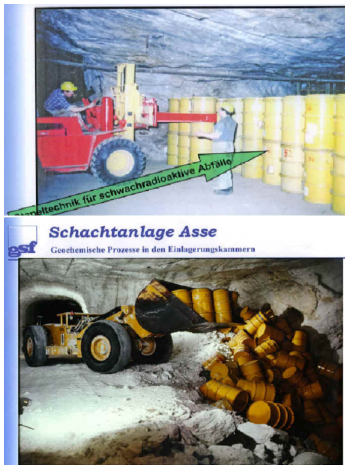
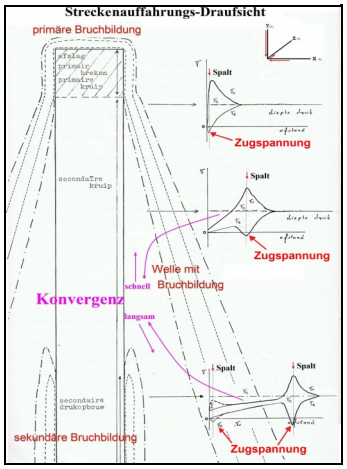
Hof Beyerinck

Atommüll-Endlagerung

Abstract / Inhaltsangabe





Die Lagerung von Atommüll im Salzgestein ist problematisch wegen der Ursache von Konvergenzbewegungen. Sie sind eine Folge von Spannungsumlagerunge durch geschaffene Hohlräume und entstehen durch eine Volumenerhöhung im Salzgestein wegen eine Überschreitung der Bruchfestigkeit. Diese Überschreitungen der Bruchfestigkeit verursachen, auf großer Entfernung von den Hohlräumen, eine Permeabilitätserhöhungen im Salzgestein. Im Zusammenhang mit an sich harmlosen Lauge- Gas- oder Erdöleinschlüssen können sich hierdurch Wegsamkeiten entwickeln, die zur Folge haben, dass Süßwasser in die Hohlräume eindringen kann.

„Die wollten das nicht hören"

Egbert de Beyer aus Bellahn hat 1979 in seiner Diplomarbeit das Desaster im Atommüll-Lager Asse II vorausgesagt

gel **Bellahn.** Eines hat Egbert de Beyer dann doch sehr gewundert: dass sich der Untersuchungsausschuss zum Atommüll-Desaster im Endlager Asse II bei Wolfenbüttel nie bei ihm gemeldet habe. Der 63-jährige Bergbau-Ingenieur aus Bellahn, ein Niederländer, hätte den Politikern nämlich so einiges erzählen können. Über seine vergessene Diplomarbeit aus dem Jahr 1979 beispielsweise. Oder über den abbügelnden Umgang mit seiner in der Arbeit geäußerten Kritik. Dass über 30 Jahre später die Asse II immer noch abzusaufen droht und dort 126 000 Fässer mit schwach- bis mittelradioaktivem Atommüll mit ungewisser Zukunft vor sich hin rosten, ist für de Beyer zumindest in einer Hinsicht eine späte Genugtuung: „Ich habe mich nicht verrechnet."

Was der Ingenieur damals im Umgang mit seiner Arbeit erlebte, mag manch einem aus der Gorleben-Geschichte bekannt vorkommen. Auch dort haben die offiziellen Stellen kritische wissenschaftliche Stimmen immer wieder abgebügelt. Und Egbert de Beyers Forschungen von damals haben auch seine Ansicht zum Endlager-Projekt Gorleben geprägt: Eine Atommüll-Lagerung dort könnte enden wie in der Asse, warnt er. Deswegen sollte man Gorleben abschreiben. Doch dazu später mehr.

Hat bereits 1979 in seiner Diplom-Arbeit das Desaster im Atommüll-Lager Asse II bei Wolfenbüttel vorausgesagt: Bergbau-Ingenieur Egbert de Beyer aus Bellahn. Doch seine Kritik habe die damalige Betreiber-Gesellschaft nicht hören wollen. 30 Jahre später wusste der Niederländer: „Ich habe mich nicht verrechnet". Aufn.: J. Feuerriegel

„Sofort in die Mülltonne gekippt"

Egbert de Beyer hatte in den 70er-Jahren im niederländischen Delft Bergbau studiert. Als Ingenieur arbeitete er danach bei mehreren Kohlebergwerken im Ruhrpott, ehe der Zufall ihn vor zehn Jahren als Rentner nach Lüchow-Dannenberg führte. Er suchte einen Resthof und fand ihn zusammen mit seiner Frau und den inzwischen erwachsenen drei Töchtern in Bellahn.

Was der heute 63-Jährige 1979 in seiner Diplomarbeit schrieb, klingt heute wie eine wahr gewordene Prophezeiung, geschildert mit einer erschreckenden Präzision: „Die Lauge kann die elastische Schicht verlassen und durch Spalten infolge von Gewinnungsarbeiten in die Grube strömen. Das auf die Lauge folgende Süßwasser wird nicht mehr zu stoppen sein und die Grube ersaufen lassen."

Das war kein Ergebnis nach dem Geschmack der Betreiberin, der Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung München. Dabei war sie es doch gewesen, die im Ausland nach jemanden suchte, der eine Arbeit zum „Verfüllen der Kammern in dem jungen Steinsalz der Asse-II-Grube" anfertigen sollte. Doch als Egbert de Beyer ihnen vorrechnete, dass die Schachtanlage instabil sei, reagierten die Verantwortlichen schroff: „Die wollten das nicht hören" und hätten das „sofort in die Mülltonne gekippt", erinnert sich de Beyer. Der Chef des Unternehmens sei „wutentbrannt" gewesen. Sein Professor habe sich einschalten müssen – und auf Druck sei die Diplomarbeit abgeschwächt worden.

Die entscheidenden Ergebnisse blieben aber erhalten, die Instabilität blieb angedeutet. Auch seine empfohlenen Maßnahmen, um diese Instabilität zu heilen, wurden behandelt und bewertet. Er habe sich zwar schon gewundert, warum der Bergchef damals so gegen seine Diplomarbeit angegangen sei – doch er habe schließlich nur seine Diplomarbeit schreiben wollen. Also sei die Arbeit lediglich in den Archiven der Uni verschwunden. War ja eh ein Problem der Deutschen.

Erhofft hatten sich die Betreiber der Asse offenbar genau das Gegenteil: die Expertise eines neutralen Sachverständigen, der die Grube in dem ehemaligen Salzbergwerk nach der Hohlraum-Verfüllung mit Salz aus den Streckenauffahrungen als stabil bezeichnet. Doch de Beyer kam zum gegenteiligen Ergebnis: Das Endlager sei, mit diesem Arbeitsvorgang, nach wie vor gesteinsmechanisch instabil. Er wies auf die Gefahr von Wassereinbruch in den obersten Kammern und einen Einsturz hin. Er empfahl, Hohlräume mit Salzbeton zuzubetonieren, anstatt sie mit Salzschotter zu verfüllen – „das hätte die Konvergenz minimiert und den Überdruck auf das Nebengestein entfernt". Doch das hätte die Betreiber auch viel Geld gekostet…

Und Gorleben? Immer wieder haben hiesigen Atomkraftgegner auf die Parallelität zwischen der Asse und dem Salzstock bei Gorleben verwiesen, wo womöglich eines Tages hochradioaktiver Müll landen könnte. Egbert de Beyer sagt: Die beiden Salzstöcke seien zunächst einmal nicht zu vergleichen. Die Asse sei ein altes Bergwerk und deswegen löchrig wie ein Schweizer Käse. Auch sei Salz schon das richtige Medium, meint der Bergbau-Ingenieur: Granit und Ton hätten zu viele Macken. Die geologischen Gegebenheiten seien nun einmal günstiger bei Salz.

Gorleben: „Bösartiges Geschwür"

Doch dann hat de Beyer doch eine vernichtende Perspektive für Gorleben parat: In Gorleben verursachen die bergmännischen Arbeiten ein „bösartiges Geschwür": Man befinde sich zu nah an der wasserführenden Oberfläche. Weil man die großen Hohlräume dort nicht ausgebaut habe, werde sich der Druck von den Hohlräumen bis zum Deckgebirge entfernen, wodurch dort Zugspannungen entstünden, die zu Wasserwegsamkeiten führen würden. Die Hohlräume hätten ausgebaut werden müssen: „Es darf in einem Atomendlager, anders als in einem Produktions-Bergwerk, keine Konvergenzbewegungen geben", sagt der Rentner aus Bellahn. Seine Meinung ist: Salz ja – aber Gorleben sollte man wegen des zu wahrscheinlichen Wasserzutritts abschreiben: „Es wird sich ein besserer Standort, zum Beispiel in einem Salzkissen unter einem mächtigen Gesteinspaket, finden lassen."

Die Diplom-Arbeit zur Asse steht mittlerweile im Internet: unter http://public.fh-wolfenbuettel.de/~dettmann/aktenordner/Diplomarbeit-de-Beyer-1979.pdf.

Salzgestein als Endlagermedium aus bergmännischer Sicht.

1) Einleitung

2) Endlagerbedingungen in einem Bergwerk

3) Abbaueinfluss

4) Bruchbildung im Salzgestein

5) Beispiele der Bohrtechnik

6) Beispiele der Kavernentechnologie

7) Beispiele aus Salzbergwerken

8) Schlussfolgerung

1) Einleitung

Für Bergleute ist das Salzgestein ein Segen. Die Fließeigenschaften sorgen dafür, dass der bei der Streckenauffahrung entstehende hohe Druck in der Streckenwand durch Kriechentlastung entweicht. Hierdurch ist es möglich, Strecken in großen Tiefen ohne Ausbau (Unterstützung) aufzufahren. Strecken in Gesteinsschichten mit elastischen Eigenschaften auf gleicher Tiefe würden hier ohne Ausbau einstürzen.

Der Druck reduziert sich in der Streckenwand, die Druck-Energie geht aber nicht verloren. Die hohen Drücke, die bei der Streckenauffahrung

entstehen, laufen von der Streckenwand weg in das Salzgestein hinein. Dabei wird das Gestein in Form von Mikro-Rissen gebrochen (primäre Bruchbildung siehe Abbildung 1). Der Vorgang ist mit dem zersplittern einer Autoscheibe vergleichbar.

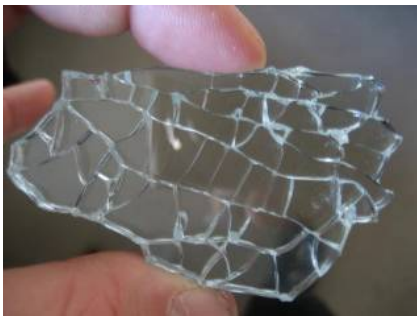


Abbildung 1

Die Scheibe ist kaputt, bleibt aber luft- und wasserdicht und die Splitter haften aneinander. Bei einer Streckenauffahrung im Salzgestein fallen aus dem gleichen Grund keine Gesteinsbrocken aus der Wand und das Gestein bleibt wasserdicht. Deswegen stört diese Art von Bruchbildung Bergleute auch nicht weiter und gibt es das an sich graue Salz, durch eine Lichtbrechung auf den Mikro-Rissen, eine wunderschöne schneeweiße Ausstrahlung (siehe Abbildung 1). Erst viel später erscheint eine (sekundäre) Bruchbildung in der Streckenwand als Folge von Konvergenzbewegungen. Dies führt zu einer Ablösung von Gesteinsplatten (Abschalung). Diese Gesteinsplatten werden von Bergleuten aus Sicherheitsgründen entfernt (siehe Abbildung 2).

Abbildung 2

Diese für den Bergbau positiven Salzeigenschaften sind leider für eine Endlagerung von Atommüll nicht positiv zu bewerten.

2) Endlagerbedingungen in einem Bergwerk

Wenn ein Bergwerk nach der Einlagerung luftdicht verschlossen wird, wird der Hohlraum des Bergwerkes durch die Fließbewegungen des Salzes immer geringer und dadurch steigt der Luftdruck. Es ist unvermeidbar, dass irgendwann ein Druckausgleich stattfindet. Die gasförmigen und flüssigen Inhalte des Bergwerkes sind dann dem gleichen hohen Druck wie dem des Salzgesteins ausgesetzt. Man könnte sagen, dass ein Druckausgleich nicht besorgniserregend ist, aber man befindet sich auf einer gefährlichen Schwelle, der sogenannten Perkolationsschwelle.

Mit der Perkolationsschwelle bezeichnet man den erforderlichen Gas- oder hydraulischen Druck, der nötig ist um ein Gestein durchlässig zu machen, also zu fracken. Im Folgenden wird anstelle der „Perkolationsschwelle“ der bekanntere Begriff „Fracking“ benutzt. Unterhalb der Frackdruck ist das Salzgebirge vollständig dicht. Wird aber der nötige Druck überschritten, verliert das Salzgestein seine Dichtigkeit. Hierzu muss der Druck größer oder gleich der minimalen Hauptspannung sein.

Druck in einem Gestein wird in drei verschiedenen, senkrecht aufeinander stehenden, Richtungen, als Hauptspannungen, gemessen (vertikal, horizontal und tangential oder x, y und z Richtung). Diese Spannungen sind, z. B durch. Kontinentalverschiebungen, nicht gleich groß.

Erreicht oder überschreitet der Druck in den Hohlräumen den Druck der minimalen Hauptspannung, so öffnen sich die vorhandenen Mikro-Risse elastisch und kontaminiertes Material wird ausgepresst.

Die vertikale Hauptspannung ist meistens die größte Hauptspannung und entsteht durch das Gewicht der überlagernden Gesteinsschichten. Sie entspricht damit dem Gebirgsdruck (auch lithostatische Druck genannt).

In den Hohlräumen eines Endlagers wird der minimalen Hauptspannung relativ schnell überschritten und kann der Innendruck sogar höhere Werte als dem Gebirgsdruck erreichen. Dies kann unterschiedliche Ursachen haben. Entweder produziert der Atommüll Gas in einem Hohlraum, in deren die Füllung unter Gebirgsdruck steht oder es gibt im Bergwerk Bereiche mit geringerem Gebirgsdruck. Es gibt mehrere Gründe, warum in einem Bergwerk unterschiedliche Gebirgsdrücke vorhanden sind. Der einfachste Grund ist der Tiefenunterschied. Unten im Bergwerk drückt das Gebirge mehr als oben im Bergwerk, wodurch das Salzgestein unten schneller fließt (konvergiert). Die im tiefsten Bergwerk wirkenden Gebirgsdrücke werden durch die Füllung in die oberen Bereiche des Bergwerkes übertragen. Dann wird oben der Innendruck größer als der örtliche Gebirgsdruck. Ein Modellierballon verdeutlicht diesen Vorgang.

Abbildung 3

Kneift man in einen Luftballon, dehnt sich der Ballon an anderer Stelle aus. Der Druck im Ballon ist überall gleich. Die Druckerhöhung durch das Kneifen wird auf den restlichen Ballon übertragen. Wird in Salzgesteinstrecken der Druck des Inhalts größer als der örtliche Gesteinsdruck, dann wird kontaminiertes Material durch Mikro-Risse ausgepresst.

3) Abbaueinfluss

Da sich Mikro-Risse durch den Abbaueinfluss bis zu 500 m um die Strecken herum bilden, muss sichergestellt sein, dass innerhalb dieses Bereichs keine Verbindungen mit der Biosphäre entstehen können.

Was bedeutet das Wort „Abbaueinfluss“ und warum bricht Salzgestein bis zu einer Entfernung von 500 m um einen Hohlraum?

Unter Abbaueinfluss versteht der Bergmann eine Druckerhöhung in einem Streckenabschnitt im Gebirge, verursacht durch einen entfernt gelegenen Abbau oder einer Streckenauffahrung. Hierdurch ist man gezwungen sehr vorsichtig zu arbeiten und gegebenenfalls Ausbau oder mehr Ausbau als üblich einzubauen.

Bei der Erstellung eines Hohlraumes im Salzgestein läuft eine Druckwelle von seinem Entstehungsort weg (siehe Abbildung 4). Unter der Druckwelle bricht das Gestein (primäre Bruchbildung). Durch die Volumenerhöhung des gespaltenen Gesteins und dem Druckunterschied zwischen der Druckwelle und der Streckenwand, wird das plastische Gestein gezwungen in Richtung des Hohlraums zu fließen. Dieser Vorgang ist auch bekannt als Konvergenz. Weil das Salzgestein von einem hohen Druck im Richtung niedrigere Druck fließt, finden diese Konvergenzbewegungen nur zwischen der Druckwelle und den Hohlraum statt. Durch das ließen des Salzes werden die Spalten zwischen der Druckwelle und dem Hohlraum wieder geschlossen, jedoch bleiben Mikro-Risse zurück. Solange diese Fließbewegung nicht durch einen Gegendruck in Form von unnachgiebigem Ausbau gestoppt wird, entfernt sich die Druckwelle immer weiter vom Hohlraum. Erst wenn die innere Reibung des Fließmediums größer als der Druckgradient zwischen Druckwelle und Hohlraum wird, hört die Fließbewegung auf und bleibt die Druckwelle stehen. Erfahrungsgemäß passiert das spätestens in einer Entfernung von ca. 500 m.

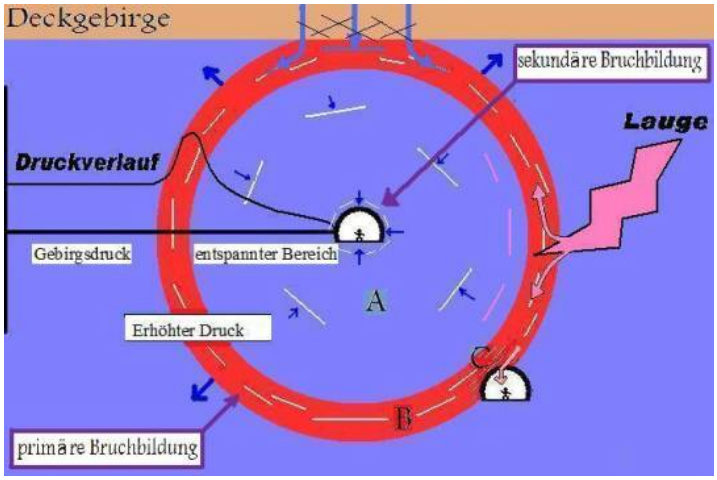


Abbildung 4

Im Bereich B der Abbildung 4 befindet sich im Salzgestein eine Druckwelle mit Spaltbildung und Wegsamkeiten für Wasser- und Laugezuflüssen. In diesem Bereich ist das Salzgestein durch geöffnete Mikro-Risse wasserdurchlässig. Im Bereich A ist das Salzgestein zwischen dem erhöhten Druck und dem Hohlraum mit Mikro-Rissen durchsetzt aber wasserdicht. Geöffnete Mikro-Risse werden hier durch Konvergenzbewegungen im plastischen Salzgestein wieder geschlossen. Im Bereich C herrscht ein Abbaueinfluss mit hohen Spannungsunterschieden in der Streckenwand. Hier werden die Spalten weiter geöffnet.

4) Bruchbildung im Salzgestein

Warum bricht Gestein Untertage? Gestein bricht niemals unter Druck, sondern immer nur durch eine direkte oder indirekte Zugspannung. Direkte Zugspannung kann zum Beispiel durch das auseinanderdriften von Kontinenten entstehen. Indirekte Zugspannung entsteht, wenn der Druck in eine Richtung erhöht wird (siehe Abbildung 5). Bergbauliche Arbeiten oder geologische Kräfte sind hierfür verantwortlich.

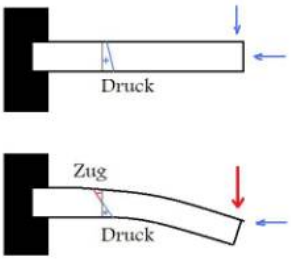


Abbildung 5

Während der Bildung eines Salzstocks wird das Salzgestein gefaltet. Die entstehenden Spannungsumlagerungen sind die Ursache für die meisten Risse im Salzgestein.

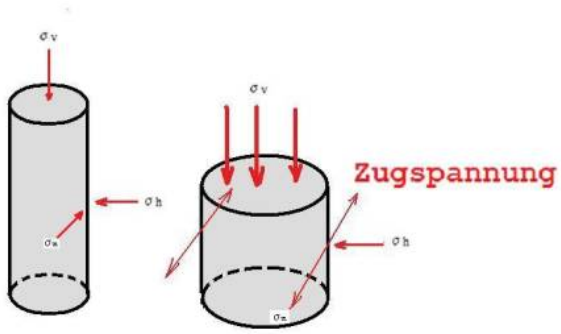


Abbildung 6

Gesteinszylinder unter einer vertikalen Druckerhöhung

Eine Verformung eines Gesteinszylinders entsteht durch eine einseitige Druckerhöhung. Es entwickelt sich eine Zugspannung in der Gesteinszylinderwand (der Umkreis wird größer). Entscheidend ist also der Druckunterschied (σv-σh) zwischen zwei verschiedenen Richtungen, die den Druck der dritten (tangentiale) Richtung σz immer kleiner werden lässt, bis er sich umkehrt und eine Zugspannung entsteht. So entstehen Risse im Gestein.

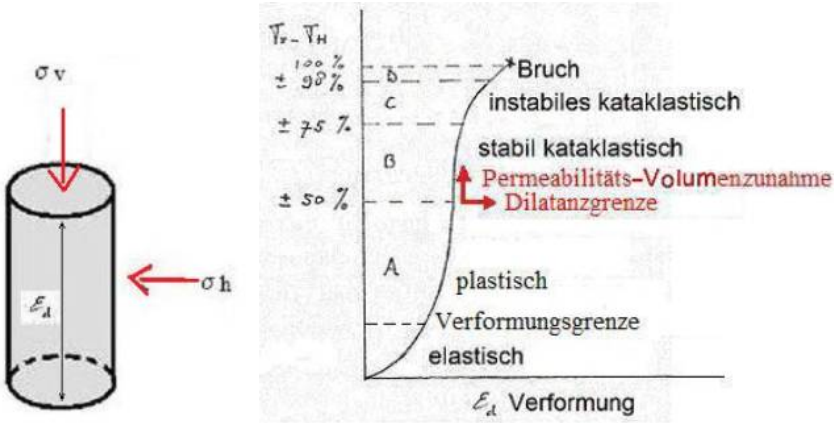


Abbildung 7

Grambergkurve (Druck- oder Spannungsdifferenz gegen Verformung)

Die indirekte Zugspannung steht **senkrecht** auf eine der beiden Hauptspannungsrichtungen (σv, vertikal, größte Hauptspannung oder σh, horizontal, kleinste Hauptspannung), sobald die Differenz (σv-σh) ein gewisses Maß (Dilitanzgrenze) überschritten hat.

Wie anfangs erwähnt, sind Kataklasen (Mikrofissuren) vergleichbar mit einem Sprung in einer Fensterscheibe. Im Bereich B (siehe Abbildung 4 und 7) hört die Kataklasenformung auf, sobald der Druck(unterschied) sich nicht weiter erhöht. Durch Kriechentlastung entsteht sogar eine Entspannung im Salzgestein. Im Bereich C setzt sich die Kataklasenformung bei konstanter Belastung fort. Die Kriechentlastung reicht im Salzgestein nicht mehr aus, um die Bruchbildung zu stoppen. Die Strecken müssen ausgebaut (geankert) werden (siehe Abbildung 7b). Im Bereich D herrscht Gebirgsschlagsgefahr. Da in diesem Bereich das Gestein explosiv bricht, darf dieser Zustand in einem Bergwerk niemals erreicht werden!

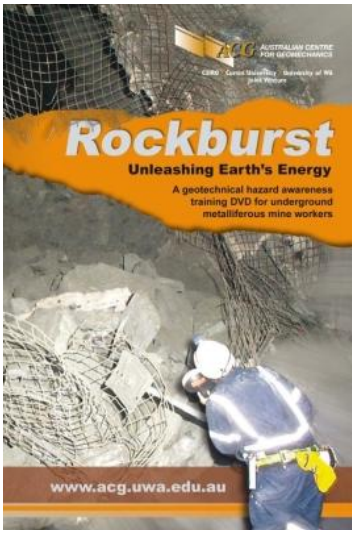


Abbildung 7 b

Sowohl durch zu wenig als auch zu viel Druck in einer Strecke bricht das Gestein. Lediglich die Spaltrichtung ist unterschiedlich. Sie verläuft bei einem Unterdruck parallel zur Streckenwand und bei einem Überdruck senkrecht zur Streckenwand. Die Brüche entstehen immer in Richtung des größten Drucks und senkrecht zur Zugspannung.

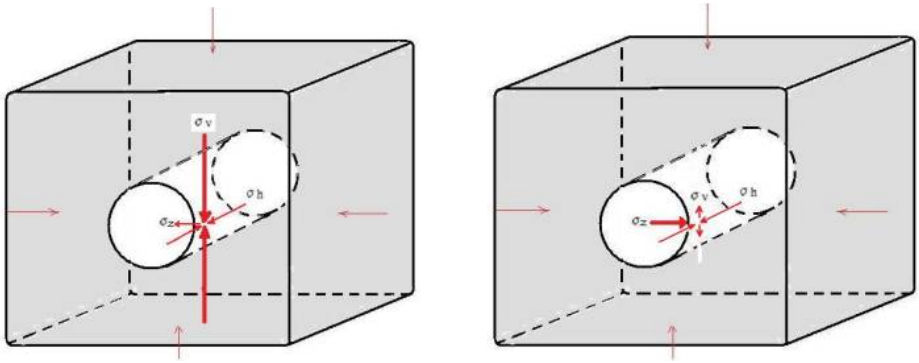


Abbildung 8

Unterdruck im Bergwerk

Überdruck im Endlager

Brüche parallel zur Streckenwand

Brüche senkrecht zur Streckenwand

5) Beispiele der Bohrtechnik

Das gleiche gilt natürlich auch in einem Bohrloch.

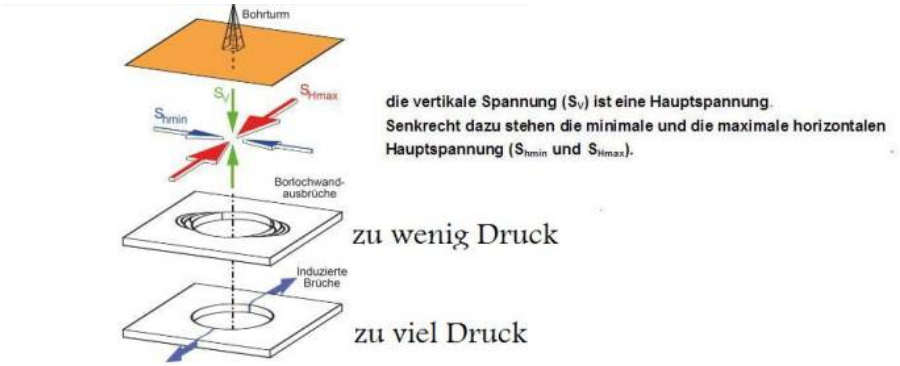
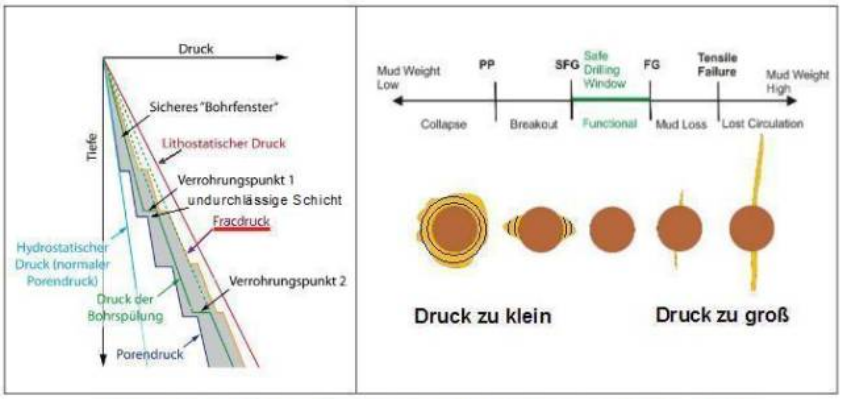


Abbildung 9

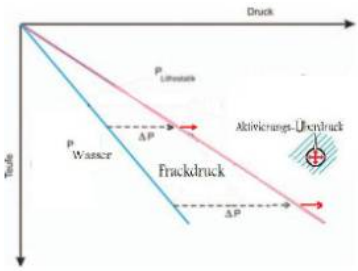


Das „sichere Bohrfenster" (*safe mud weight window*) ist der Spielraum für die Dichte der Spülung, bei der es weder zu Bohrlochrandausbrüchen (Druck zu klein) noch zu Fracs (Druck zu groß) an der Bohrlochwand kommen kann.

Abbildung 10 der lithostatische Druck entspricht dem Gebirgsdruck

Bei einer genauen Betrachtung der Abbildung 10 sieht man, dass schon unterhalb des Gebirgsdrucks, also bei der kleinsten Hauptspannung, der Frackdruck erreicht wird und das Medium entweicht. Es ist auch zu sehen, dass Wasser nicht von außen in Salzgestein eindringen kann. Der Porendruck ist immer kleiner als der Frackdruck. Sogar der Porendruck von aufgestautem Wasser unter einer undurchlässigen Salzschicht ist kleiner als der Frackdruck. Das trifft natürlich nur zu, wenn zuvor keine Risse durch Bergbauarbeiten in der Salzgesteinswand entstanden sind. In den Endlagerbergwerken Morsleben und der Asse II gibt es diese Risse.

Der zusätzliche Druck der benötigt wird um in einem Bohrloch ein Gestein in einer gewissen Tiefe zu fracken, ist vereinfacht gesagt der minimalen Hauptspannung minus dem Wasserdruck im Bohrloch plus mind. 10% (Aktivierungs-Überdruck um Gestein zu brechen).



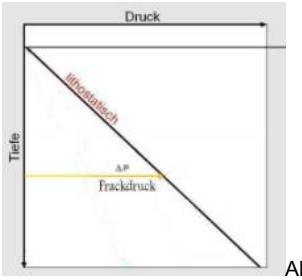


Abbildung 11

Frackdruck in einem Bohrloch mit Wassersäule Frackdruck im Salzgestein

In Salzbergwerken entspricht der Frackdruck demnach dem Gebirgsdruck ohne Unterstützung des Wasserdrucks, aber auch ohne die mind. 10% Aktivierungs-Überdruck**,** weil das Gestein schon gebrochen ist. Das Salzgestein ist durch die bergbaulichen Aktivitäten schließlich mit Mikro-Rissen durchsetzt.

Wenn Bohrfirmen bei der Gewinnung von Erdgas auf mehr als 3 km Tiefe das Gestein fracken, dauert dieser Vorgang höchstens einige Stunden. Anschließend zieht ein Unterdruck das Gas oder Öl aus dem Wirtsgestein in Richtung des verrohrten Bohrloches und danach an die Oberfläche. Im Gegensatz dazu hält bei der Endlagerung dieser hohe Frackdruck unbegrenzt lange an. Das Auspressen erfolgt über die Mikro-Risse als Folge von bergmännischen Tätigkeiten.

6) Beispiele der Kavernentechnologie

In **Salzkavernen** wird, im Gegensatz zu Hohlräumen in Bergwerken, ein Gegendruck durch das Speichermedium auf das Salzgestein ausgeübt. So werden Konvergenzbewegungen vermindert, aber nicht verhindert. Folglich wird der Druck in der Kaverne bei einem Verschluss erhöht. Der Innendruck der Kaverne darf aber an keiner Stelle den dort herrschenden Gebirgsdruck überschreiten (Frackdruck), weil sonst das Medium entweicht. Ständige Überwachung und Druckregulierung sind also notwendig!

Aber was passiert, wenn so eine Kaverne außer Betrieb genommen wird? Kavernen werden bei ihrer Stilllegung druckdicht verschlossen. Der Gebirgsdruck im tiefsten Punkt wird durch die Füllung auf den Dachbereich der Kaverne übertragen (siehe Abbildung 3 und 12). Die Folge, der Innendruck steigt immer weiter an und wird im Dachbereich größer als der herrschende Gebirgsdruck. Ab diesem Moment wird im Kavernendach die Sole durch die fortschreitende Konvergenz ausgepresst und kann das Grundwasser versalzen.

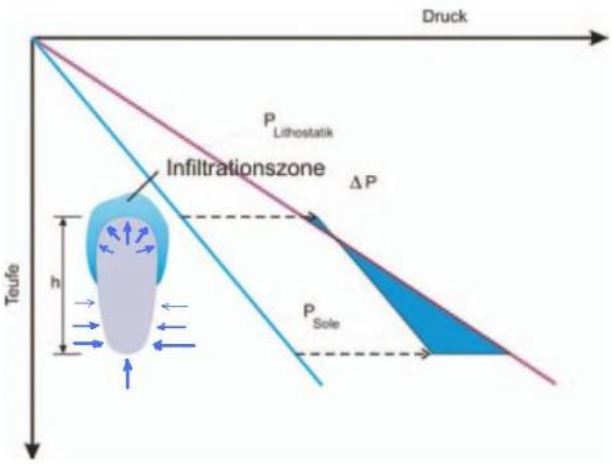


Bild 12

Somit ist ein langzeitsicherer Kavernenverschluss auf diese Art und Weise nicht möglich.

Es ist utopisch zu glauben, dass dies nicht passiert, wenn ein Endlagerbergwerk im Salzgestein luftdicht verschlossen wird!

Deshalb sollte man sich von der Idee verabschieden, ein einschlusswirksamer Gebirgsbereich (**ewG**) von nur 50 bis 300 m um den Atommüll könnte nach Verschluss des Bergwerkes funktionieren.

Die Kavernen oder Endlager müssten mit nicht zusammendruckbarem und nicht fließfähigem Material, z. B. Beton, restlos verfüllt werden und der Atommüll dürfte niemals Gas produzieren.

Die Behauptung, dass in einem Salzstock auch Lauge und Gas Millionen von Jahren sicher eingeschlossen werden können, wiederspricht dem nicht. Und zwar aus folgenden Gründen: Zum einen stehen die Einschlüsse nicht unter höherem Druck als der Gebirgsdruck (keine Gasbildung). Zum anderen können die Einschlüsse nicht mehr den benötigten Höhenunterschied haben um den erforderlichen Aktivierungs-Überdruck in unberührtem rissfreien Gestein zu leisten. Sonst wären diese Einschlüsse schon längst ausgepresst.

Sobald die Einschlüsse unter **Abbaueinwirkungen** (bergmännische Spannungsumlagerung) kommen, ändern sich beide Punkte drastisch.

Erstens öffnet sich das Salzgestein unter der Druckwelle für die Einschlüsse (siehe Bereich B in der Grambergkurve und Abbildung 4).

Und zweitens ist das Salzgestein zwischen der Druckwelle und dem Hohlraum jetzt nicht mehr rissfrei. Hierdurch ist der Aktivierungs-Überdruck nicht mehr notwendig. Die Risse öffnen sich elastisch, weil die Einschlüsse unter einem höheren Druck (Gebirgsdruck) stehen als das druckentlastete Salzgestein um eine Strecke (siehe Bereich A in der Grambergkurve und Abbildung 4).

7) Beispiele aus Salzbergwerken

Abbildung 13

Ein anschauliches Beispiel dafür, dass diese seit Ende der 70er-Jahre bekannte Erkenntnisse immer wieder ignoriert werden findet man z. B. bei der Führung Untertage im Bergwerk Gorleben (siehe Abbildung 13). Jedem Besucher wurde hier glaubhaft gemacht, dass die Endlagerung im Salzgestein sicher sei.

Abbildung 14

a) Fließeigenschaften b) wasserdicht c) selbstheilend

Es wird damit argumentiert, dass die Fließeigenschaft des Salzes (siehe Abbildung 14) dafür sorgt, dass der Atommüll fest umschlossen wird, Salzgestein wasserdicht ist und Spalten sich durch die „Selbstheilungsfähigkeit“ wieder schließen.

Einiges wird in diesem Zusammenhang jedoch nicht beachtet.

Aufgrund des Prinzips der Massenerhaltung muss das in den Hohlraum hineinfließende Salz an anderer Stelle abwandern. Salz fließt also nur, wenn an anderer Stelle im Salz Risse entstehen und sich öffnen. Nach Verschluss des Bergwerkes erhöhen diese Fließeigenschaften den Druck in den Bergwerkshohlräumen bis zum Gebirgsdruck.
Das Salzgestein ist solange wasserdicht, solange der Druck unterhalb der kleinsten Hauptspannung liegt. Diese ist allerdings kleiner als der Gebirgsdruck. Das Salzgestein verliert also seine Wasserdichtigkeit unter Endlagerungsbedingungen.

Spalten die zusammengedrückt werden, sind nicht „geheilt“. Eine spätere Druckerhöhung, wie oben beschrieben, öffnet sie wieder. Die Selbstheilung kann nur in Spalten, die mit Lauge vollgelaufen sind, auf zwei Weisen erfolgen.
Zum einen außerhalb des Salzgesteins dadurch, dass das in der Lauge gelöste Salz auskristallisiert. Zum anderen innerhalb des Salzgesteins dadurch, dass das Wasser aus dem Spalt in das Salzgestein hineingepresst wird.

Lauge kann im Salzgestein nicht auskristallisieren, da es aus Gleichgewichtsgründen immer seinen Sättigungsgrad behält. Erst wenn der Spalt sich außerhalb des Salzgesteins ausbreitet, Lauge hineinfließt und sich abkühlt, kann diese Lauge auskristallisieren. Dort bleiben geschichtete Salzablagerungen zurück.

Abbildung 15

In der Abbildung 15 ist zu erkennen, dass bei den Spalten im Salzgestein keine Auskristallisierungsstrukturen vorhanden sind.

Die Spalten werden zusammengedrückt bis das gesamte Wasser ausgepresst ist. Zurück bleibt der Salzinhalt aus der Lauge wie eine Art Kleber. Weil dieser Vorgang nicht durch eine Auskristallisierung vom Salz aus Laugen erklärt werden kann, ist es zugleich der Beweis dafür, dass Flüssigkeiten sich bei ausreichendem Druckunterschied frei im Salzgestein bewegen.

Der Inhalt dieser Risse wird sich in Klüften im benachbarten elastischen Gestein ansammeln, weil hier die Klüfte nicht durch Konvergenzbewegungen geschlossen werden können, z. B. in einer Anhydritbank oder im Nebengestein außerhalb des Salzvorkommens. Wasser kann nicht von außen in das Salzgestein eindringen (siehe Abbildung 10), aber sehr wohl von innen aus das Salzgestein verlassen. Von hier aus kann es über Klüfte im Gestein wandern. Auf diese Art und Weise hat das anfangs nasse Salzgestein in seiner geologischen Vergangenheit schon viel Wasser verloren und deswegen ist das Salzgestein heute so trocken und sind die Anhydritbänke durchtränkt mit Lauge.

Abbildung 16

In einem Salzstock wird die Lauge aus dem Salzgestein in benachbartes geklüftetes Gestein gepresst. Nach einer bergmännischen Öffnung des Gesteins erfolgt eine Ausblühung am geklüfteten Gestein durch die Verdunstung von Wasser aus Lauge (siehe Abb. 16).

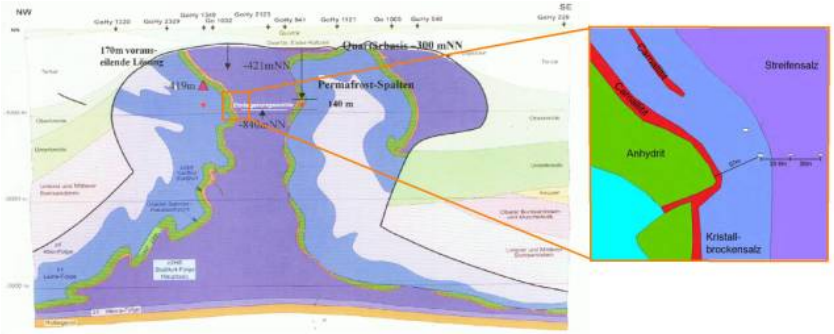


Abbildung 17: Endlager Gorleben (auf –840 Meter)

Im Gorleben befindet sich, auf nur 57 Meter Entfernung vom Endlagerbergwerk, eine 80 Meter dicke laugeführende Anhydritbank. Das Wasser (voreilende Lösung) in dieser Anhydritbank steht, bis auf einer tiefe von –421 Meter, nachweislich in Verbindung mit der Biosphäre!

8) Schlussfolgerung

Nach dem Verschluss des Bergwerkes werden Wasser und Luft/Gas aus den Bergwerkshohlräumen in das Salzgestein hineingepresst und durch das Salzgestein hindurchtransportiert, bis

erstens keine Konvergenzbewegungen mehr vorhanden sind,

zweitens der Atommüll kein Gas mehr produziert und

drittens keine nennenswerten Druckunterschiede in den Hohlräumwänden mehr vorhanden sind.

Da Salzgestein keine Sorptionseigenschaften für Radionuklide hat, wird kontaminiertes Material mit ausgepresst.

Und da der Frackdruck unterhalb des Gebirgsdruckes liegt (siehe Abbildung 10), wird in einem Endlager im Salzgestein der hierfür benötigte Druck allein durch die Konvergenzbewegungen schon garantiert erreicht!

Deswegen ist ein **Mehrbarrierensystem** mit Barrieren, die nicht unter Abbaueinwirkung standen, aus Gesteinsformationen mit unterschiedlichen gebirgsmechanischen Eigenschaften und Sorptionseigenschaften für Radionuklide, eine **Mindestanforderung** an ein Endlager im Salzgestein.

In Gorleben fehlen die Bedingungen für diese Mindestanforderung!

Eine Bohrlochlagerung auf 3 bis 5 km Tiefe unterhalb sedimentärer Schichten im wertlosem kristallinem Grundgebirge überdeckt durch undurchdringliche Schichten, wie Ton- oder Salzgestein, erfüllt diese Anforderungen und ist deswegen eine wesentlich bessere Lösung.

Da die Bergwerksendlagerung in Granitgestein aus verschiedenen Gründen (geringe Tiefe, Gebirgsdurchlässigkeit, älter des Wassers unter abdeckende Schichten, zu kurze Standzeit der Behälter, usw.) in Deutschland nicht im Betracht genommen werden sollte, wäre es besser gewesen stattdessen die Bohrlochlagerung als dritter Variante, neben Salz und Ton, mit zu untersuchen.

Egbert de Beyer 25.09.2016

Abb. 1 willkürlich aus dem Internet, ohne Personerkennung.

Abb. 2 eigenes Foto aus der Asse II

Abb. 3 willkürlich aus dem Internet, ohne Personerkennung.

Abb. 4 eigener Grafik.

Abb. 5 eigener Grafik aus Dipl. Arbeit 1979

Abb. 6 eigener Grafik aus Dipl. Arbeit 1979.

Abb. 7 eigener Grafik aus Dipl. Arbeit 1979.

Abb. 8 eigener Grafik.

Abb. 9 GRS, Gutachtens zu „Tiefen Bohrlöchern“ für der AG3 der „Kommission Lagerung hoch-radioaktiver Abfallstoffe“

Abb. 10 GRS, Gutachtens zu „Tiefen Bohrlöchern“ für der AG3 der „Kommission Lagerung hoch-radioaktiver Abfallstoffe“

Abb. 11 eigener Grafik.

Abb. 12 Dr. habil. Ralf E. Krupp: Kurzgutachten zu der Langzeitsicherheit von Solungskavernen im Salzstock Etzel

Abb. 13 Foto freigegeben von Alexander Neureuter (Fachgruppe Radi), Grubenfahrt in Gorleben.

Abb. 14 Foto freigegeben von Alexander Neureuter (Fachgruppe Radi), Grubenfahrt in Gorleben.

Abb. 15a willkürlich aus dem Internet.

Abb. 15b Foto freigegeben von Alexander Neureuter (Fachgruppe Radi), Grubenfahrt in Gorleben.

Abb. 16 Fotos von Jurgen Gommel (Fachgruppe Radi), Grubenfahrt in Morsleben.

Abb. 17 Grafik aus „Expertise zum Salzstock Gorleben“. von Diplom-Geologe Ulrich Schneider

Detailinformation

Links zu den Untersuchungsergebnissen und Folge bezüglich der Bruchbildung im Salzgestein durch Konvergenzbewegungen.

Zusammenfassung der Dipl. Arbeit

In 1973 einigten sich die damalige Bundesregierung und die Atomindustrie darauf, Salzstöcke als Endlager zu nutzen. Man hielt Salzstöcke für besonders geeignet, weil die Lagerung von z.b. Erdöl in Kavernen sich seit 1966 bewehrt hatten. Sie waren erdbebensicher und sind wasserdicht. Durch plastisches fließen vom Salzgestein (Konvergenzbewegungen) sollte der Müll fest umschlossen und trocken gelagert werden.

Eine Entscheidung die sich heute als fragwürdig erweist.

In Kavernen wird, im Gegensatz zur Hohlräumen in Bergwerken, ein Gegendruck durch das Speichermedium auf das Salzgestein ausgeübt das mindestens gleich Hoch ist wie der Gesteinsdruck (bis 220 bar oder 225 kg/cm²) und eine abgeschlossene Flüssigkeit ist nicht zusammendruckbar. Hierdurch werden Konvergenzbewegungen verhindert.

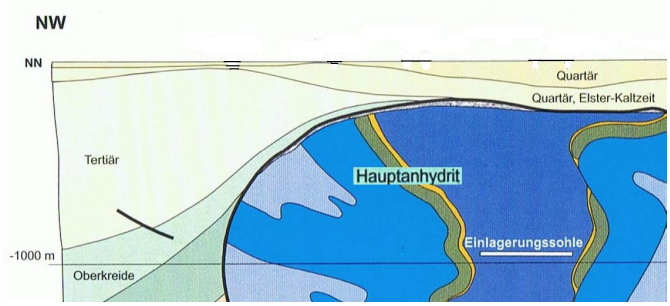
Auch die Ansichten bezüglich der Gebirgsmechanik im Salzbergwerken waren veraltert. Mann konnte damals den Satz **"Konvergenzbewegungen entstehen durch eine Bruchbildung im Salzgestein"** noch nicht verinnerlichen.

Alle drei Lager in Deutschland kommen deswegen heute nicht mehr als Endlager in Frage.

1) **Morsleben**, das ehemalige Endlager der DDR war, vor die Stabilisierungsmaßnahme im Zentralfeld, einsturzgefährdet und ist undicht (12 m³/a). Die Grube müsste schnellstmöglich zubetoniert werden.

2) Der **Asse II** ist trotz Stabilisierungsmaßnahme einstürzgefährdet und ist undicht (12 m³/d). Der in die Grube endgelagerte Atommüll müsste schnellstmöglich geborgen werden.

3) Risiken birgt der Salzstock **Gorleben** die in direkten Kontakt mit Grundwasser steht und die eine **bis 80 Meter dicke** senkrecht vom Endlagerniveau bis zum Grundwasser (Salzspiegel) reichende Anhydritbank als potentiellen Wasserweg enthält.



Die Permafrostspalten, kryogenen oder hydraulische Klüfte und Risse, entstehen in Kaltzeiten, möglich bis 600 m Tiefe vom Salzspiegel aus beginnend und in die Tiefe fortschreitend, sind, trotz der GRS 273 Stellungsnahme, eine Bedrohung. Die Auswirkungen von den wärme entwickelnden Atommüll auf das Salzgestein sind negativ, weil Porenwasser im dem Salzgestein, durch den Temperaturgradient, in Richtung des Atommülls wandert. Hierdurch kommen die Behälter mit heiße Lauge in Berührung. Einwirkungen durch die Neutronenstrahlungen, sind noch nicht zu ende erforscht.

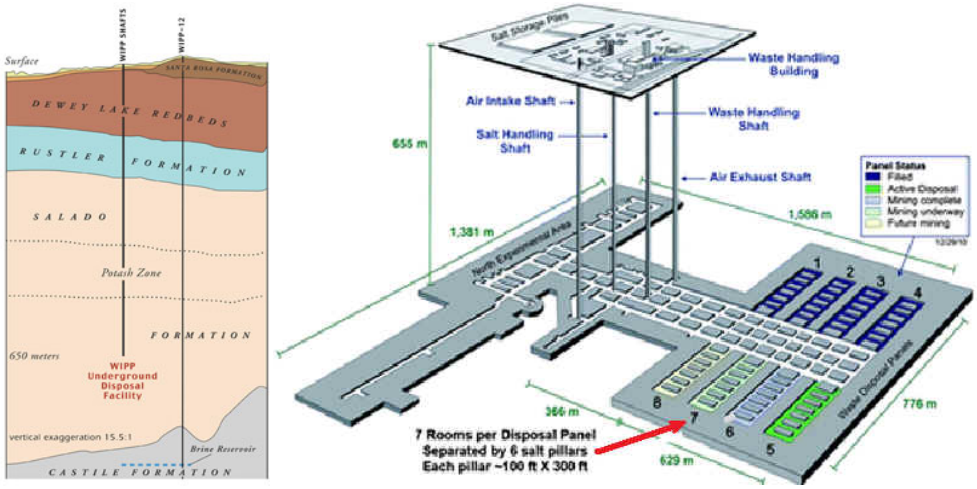
4) Am 14.02.2014 ereignete sich im atomaren Endlager der **USA, Salzbergwerk WIPP bei Carlsbad** für schwach- bis mittelradioaktivem Abfall, ein ernsthafter Unfall. Es wurden unter Tage erhebliche Mengen an Plutonium und Americium freigesetzt. Man vermutet, entweder die Decke eines Salzhohlraums (Panel 7), in dem Atomfässer eingelagert werden, sei eingestürzt als Folge von Konvergenzbewegungen und habe Fässer beschädigt, oder einer der Atomfässer ist explodiert. Egal was passiert ist: Interessant ist die Tatsache das die Betreiber jetzt plötzlich beides für möglich halten!

Youtube: Wipp radiation leak still a mystery

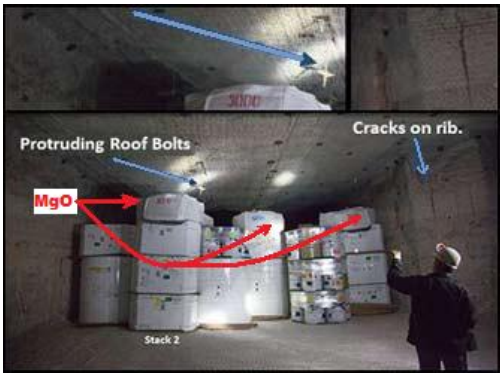
Untertage waren keine Bergleuten. Übertage wurde in 900 m Entfernung vom Schacht, trotz 99.97% Abwetterfilterung, Americium und Plutonium von einem Überwachungsgerät registriert. Zweiundzwanzig Arbeiter haben Übertage die Alpha-Strahler Americium-241 eingeatmet.

Die Entlagerung wurde "vorübergehend" für zwei Jahren gestoppt. Kosten bis jetzt: 7.2 Billion $.

Youtube: Don Hancock on WIPP Leak Germany - 39:40 bis 41:40



Thirteen feet high, 33 feet wide, and 300 feet long, Panel 7 is expected to close over any waste deposited in it at a rate of 3 to 6 inches a year.



This is a photo of the actual leak area from February just before the contamination escaped. There was loose roof bolt spotted so one theory is a falling bolt may have punctured a container, or perhaps something else caused a container to burst.

Photo´s of WIPP waste containers in Panel 7 disposal Room 7, after the Valentine's Day radioactive release, shows magnesium oxide scattered over the drums and standard waste boxes that contain the transuranic waste. A breached drum shows heat discoloration and an open lid from the

force of the rupture.

MgO is a granular material placed in thin supersacks on top of the waste that are supposed to break as the ceiling creeps in after panel closure, letting the MgO fall around the waste **to act as a sorbent to any CO2 and water in the room over time**. It also forms a strong sorrel cement when if contacted with brine, **and sorbs plutonium really well**.

Transuranic waste containing various metal-nitrate salts (strong oxidizers), such as (Mg,Ca)(NO3)2 with minor amounts of Fe, Na and K. When dewatered, these hot evaporator bottoms were poured onto a tray, vacuum dried, flashed crystallized, rinsed with cold water and put in bags, where they sat for 30 years.

Come time for disposal, these wastes still had some nitric acid liquid. Department of Transportation regulations require no free liquid (<1%) during transport, so these wastes were stabilized with neutralizers and sorbents like sodium carbonate, triethanolamine and polyacrylate (inorganic cat litter, anorganischem Katzenstreu) as they were put into drums for packaging and shipment.

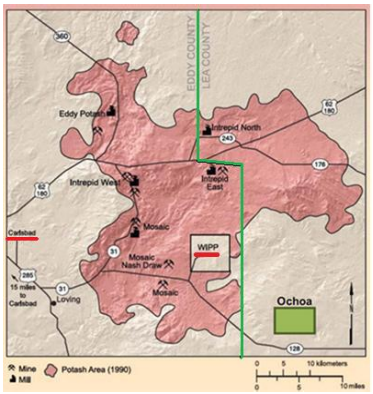
Mit anorganischem Katzenstreu sollen die Nitrate im radioaktiven Material stabilisiert werden, so dass es sich nicht überhitzt.

Die Inspektoren, die den Vorfall untersuchen, fanden heraus, dass zwar tatsächlich die Decke eingestürzt war. Aber das war scheinbar nicht die Ursache für das Aufplatzen des Behälters, sondern es kam im Fass zu einer Druckerhöhung. Der Grund dafür war offenbar, dass falsches handelsübliches organischem Katzenstreu beigemischt wurde. Wahrscheinlich ist mindestens ein weiteres Fass gefährdet.

Aktueller Information: http://www.wipp.energy.gov/wipprecovery/photo_video.html

Durch die horizontalen Salzschichten mit Gesteinsschichten als Deckgebirge, den Einsatz von o.a. H2O - CO2 und radionuklidbindende Magnesiumoxide und die **Frisch- und Abwetterfilterung ist der Sicherheitsstandard in das USA Endlager wesentlich höher als in Deutschland!**

Aber die Tatsache dass das Salzgestein dieses Endlagers eingebettet ist zwischen wasserführende Gesteinsschichten (Karstgestein), auf die Öllagerstätte "Permiam Basin" und innerhalb ein Kalisalzvorkommen liegt, reduziert diesem Vorteil gewaltig!



Ölförderpunkten Kalisalzvorkommen

Youtube: Don Hancock's update on recent WIPP leak hierzu: 34:30 bis 38:00

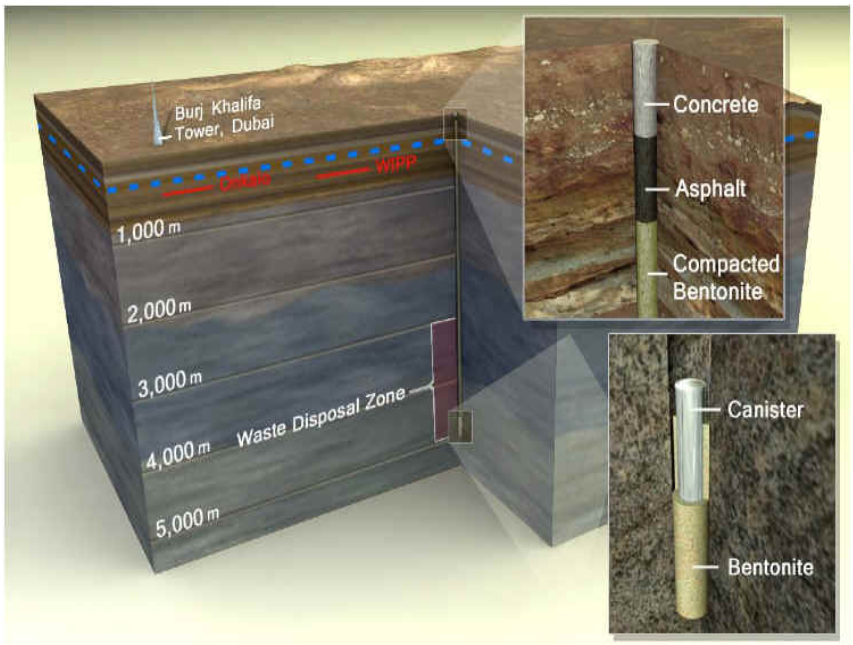
Nachdem das Wissen über die Lage dieses Endlager verloren gegangen ist, wird wegen die Kali und Ölvorkommen ein menschliches Eindringen nicht mehr zu verhindern sein. Hierdurch wird ein Weg zur Bioschere für die Radionuklide geöffnet!

Das Problem mit allen vorgehende Endlager ist, dass der Atommüll in einer Zone gelagert ist, wo das Grundwasser zirkuliert. Wenn etwas durchgesickert aus dem Lager in das Grundwasser könnte es verheerend sein.

Interessant sind deshalb die Anforderungen von der atomenergiefreundlichen US Atomic Energy Commission die sie selber an ein Endlager für wärmeabgebenden Atommüll stellen:

1) Mindesttiefe für das Lager 3000 Meter! (Gorleben?)
2) In einer unbewohnten Region. (Wendland?)
3) Ohne hohe Erhebungen in der Nähe.
4) Keine komplexen geologischen Strukturen (Falten, Spalten). (Salzstock?)
5) Ohne Verbindungen zwischen den unteren Gesteinsschichten und dem Wassersystem an der Oberfläche. (Anhydritbanken - Permafrostspalten)
6) Keine Erdbebengefahr.
7) Gewöhnliches Gestein, das wirtschaftlich bedeutungslos ist. (Salz?)

Also zum Beispiel **in der Näher der Produktionsstätte mittels 5 km tiefe Bohrlöcher.**



Zur Einführung in der Problematik der Entlagerung sind unterstehende Links hilfreich.

Youtube: **Endlager gesucht** **Quarks & Co** **Asse unter Tage** **BfS**

Youtube: **Asse II deutsch-1** **ZDF** **Asse II deutsch-2**

Youtube: **Gorleben deutsch** **WDR** **Gorleben beirisch** **BR**

Youtube: **Gorleben / Asse II english** **DW**

Youtube: **Morsleben** **BfS**

Youtube: **Asse II niederländisch** **NL** **Nucleair afval-1** **Nucleair afval-2**

Youtube: **The WIPP Experience** **USA** **Plutonium Leaking From WIPP**

Curriculum Vitae

Name:	Dipl. Ing. Jhr. Egbert de Beyer
Anschrift:	alt Bellahn 4 - 29499 Zernien
	E-Mail: e.debeyer@arcor.de
Geburtsdatum und -ort:	5.9.1948 in Amsterdam, Niederlande
Studium	Bergbau an der Technische Universität Delft
Beruflicher Werdegang	bis 2002 bei der RAG, Deutsche Steinkohle AG
	Mitglied in der "Fachgruppe Radioaktivität"

Als ich meine Diplomarbeit auf der Asse II schrieb, war ich überrascht wie stur und eigensinnig der Werksleitung war mit ihre irrige Meinung: Das Bergwerk sei sicher. Meine Untersuchungen ergaben ein ganz anderes Bild. Das Bergwerk war, nach gesteinsmechanischen Ansichten, instabil. Damals hatte ich keine Gelegenheit meine Erkenntnisse zu veröffentlichen.

Als ich mich nach meiner Pensionierung zufällig in der Nähe des Endlagerbergwerks Gorleben niederließ, hat es mich erneut überrascht, weil man scheinbar nichts aus dem Fehler auf der Asse II gelernt hatte. Diesmal ist meine Lage anders und werde ich meine Meinung deswegen öffentlich kundtun, mittels Internet, Fachvorträge und Teilnahme an Fachdiskussionen!

Elbe-Jetzel-Zeitung 16.6.2012

ContrAtom 31.8.2012

Gorleben-Rundschau Nov. 2015

Fachtagung "Kriterien für die Standortauswahl" Berlin 30-1-12016 (Vollversion)

Bewerung der Endlagerkommission Aug. 2016

Gorleben-Rundschau Sept. 2016

zur Sache Nr. 11 "Gorleben als Endlager aus bergmännischer Sicht". März 2017"

BUND "Salz in der Linse" 29.9.2017

Abstract / Inhaltsangabe

Gebirgsmechanik im Salzgestein. Eine Erklärung der Bruchbildung im Salzgestein als Folge von bergmännischen Arbeiten. Hierdurch entstehen unter andern auf großer Entfernung von Hohlräumen Spalten, Klüften und Auflockerungszonen im Salzgestein. Einer der Folgen hiervon ist das "unerwartete" Eindringen von Wasser in Salzbergwerke. Erörterung der Probleme bei der Entsorgung radioaktiver Abfälle in den Bergwerken Asse II, Morsleben und Gorleben, so wie ein Vorschlag zur sicherer Lagerung des Atommülls.

Rock mechanics in salt rock. An explanation of of the fracture caused by pressure waves as a result of mining operations which caused columns, fissures and loosening zones in salt rock at a great distance of cavities and the "unexpected" penetration of large amounts of water into the salt mines. Discussion of the problems with the disposal of radioactive waste in the Asse II mine and Gorleben mine (Germany).

Gesteentemechanica in steenzout. Een uitleg over de breukvorming die ontstaat door drukgolven ten gevolge van mijnbouwkundige werkzaamheden waardoor spleten en kataklasen, op een grote afstand van holle ruimtes, in Steenzout ontstaan. Hierdoor kunnen plotseling en onverwacht grote hoeveelheden water binnen dringen in zoutmijnen. Aansluitend een uiteenzetting over de problemen en het milieurisico met de ondergrondse opslag van kernafval in de zoutmijnen Asse II in Gorleben in Duitsland.

Mécanique des roches dans le sel gemme. Une explication pourquoi des ondes de pression à cause des travaux miniers causent des crevasses et cataclases dans le sel gemme à grande distance de « la salle creuse ». Par cela tout à coup et imprévue des grands volumes d'eau peuvent entrer dans la mine.
Ci-joint une exposé sur les problèmes et le risque d'environnement avec le stockage sous-sol des déchets nucléaires et radioactives dans les mines à Asse et à Gorleben en Allemagne.